

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1936

THÈSE

N°.....

294

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'Etat)

PAR

René PERSOZ

Né le 18 février 1909, à Paris

L'Hygiène
des
Chantiers souterrains

Président : M. L. TANON, Professeur.

PARIS

JOUVE & C^{ie}, EDITEURS

15, Rue Racine, 15

1936

FACULTÉ DE MEDECINE DE PARIS

ANNÉE 1936

THÈSE

N°

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'Etat)

PAR

René PERSOZ

Né le 18 février 1909, à Paris

L'Hygiène
des
Chantiers souterrains

Président : M. L. TANON, Professeur.

PARIS

JOUVE & C^{ie}, EDITEURS

15, Rue Racine, 15

1936

I. — PROFESSEURS

Anatomie	MM. ROUVIERE.
Physiologie	Léon BINET.
Physique médicale	STROHL.
Chimie médicale	DESGREZ.
Bactériologie	Robert DEBRÉ.
Parasitologie et histoire naturelle médicale	BRUMPT.
Pathologie médicale et générale.	BAUDOUIN.
Pathologie chirurgicale	CHEVASSU.
Anatomie pathologique	ROUSSY.
Histologie	CHAMPY.
Pharmacologie et matière médicale	TIFFENEAU.
Thérapeutique	HARVIER.
Hygiène et médecine préventive	TANON.
Médecine légale	BALTHAZARD.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	LAIGNEL-LAVASTINE.
Pathologie expérimentale et comparée	FIESSINGER.
Hydrologie thérapeutique et climatologie	Maurice VILLARET.
Clinique médicale	{ LOEPER. CARNOT. CLERC. Marcel LABBÉ. LEREBOULLET. NOBECOURT.
Hygiène et clinique de la première enfance	H. CLAUDE.
Clinique des maladies des enfants	GOUGEROT.
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale	GUILLAIN.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	LEMIERRE.
Clinique des maladies du système nerveux	{ CUNEO. GOSSET. GRÉGOIRE. LENORMANT. TERRIEN. MARION.
Clinique chirurgicale	{ BRINDEAU. COUVELAIRE. JEANNIN.
Clinique ophtalmologique	N...
Clinique urologique	OMBREDANNE.
Clinique d'accouchements	RATHERY.
Clinique gynécologique	LEMAITRE.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	Pierre DUVAL.
Clinique thérapeutique médicale	SERGENT.
Clinique oto-rhino-laryngologique	BEZANÇON.
Clinique thérapeutique chirurgicale	MATHIEU.
Clinique propédeutique	{ HOVELACQUE.
Clinique de la Tuberculose	{ MULON. OLIVIER.
Clinique chirurgicale orthopédique de l'adulte	{ VERNE. MOCQUOT.
Professeurs sans chaire	

II. — AGREGES EN EXERCICE

MM.	MM.
BÉNARD (Henri) Pathologie médicale.	GALLIARD Parasitologie.
BERNARD (Étienne) Pathologie médicale.	GASTINEL Bactériologie.
BEZANÇON (Justin) Hydrologie.	DE GAUDART D'ALLAINES. Pathologie chirurgicale.
BOULIN Pathologie médicale.	GAYET Physiologie.
BULLIARD Histologie.	GIROUD Histologie.
CATHALA Pathologie médicale.	HAGUENAU .. Pathologie médicale.
CHEVALLIER . Pathologie médicale.	HALPHEN Oto-rhino-laryngologie.
DOGNON Physique.	HAZARD Pharmacologie.
FEY Urologie.	HUGUENIN ... Anatomie pathologique.
	JOANNON ... Hygiène.



II. — AGREGES EN EXERCICE (Suite).

MM.
 LABBÉ (Henri) . Chimie biologique.
 LACOMME Obstétrique.
 LANTUEJOUL . Obstétrique.
 LAROCHE (Guy) Pathologie médicale.
 LEMAIRE Pathologie expérimentale.
 LEVEUF Pathologie chirurgicale.
 M^{lle} J. LÉVY . Pharmacologie.
 LÉVY-VALENSI. Neurologie et Psychiatrie.
 MOREAU Pathologie médicale.
 MOULONGUET. Pathologie chirurgicale.
 MOUQUIN Pathologie médicale.
 OBERLING ... Anatomie pathologique.

MM.
 PETIT-DUTAILLIS .. Pathologie chirurgicale.
 PIÉDELIEVRE . Médecine légale.
 PORTES Obstétrique.
 RICHT Physiologie.
 SANNIÉ Chimie biologique.
 SÈNÈQUE Pathologie chirurgicale.
 TROISIÈRE Pathologie expérimentale.
 TURPIN Pathologie médicale.
 VIGNES Obstétrique.
 WILMOTH Pathologie chirurgicale.

III. — AGREGES RAPPELES A L'EXERCICE pour le service des examens

MM.
 ALGLAVE Pathologie chirurgicale.
 BUSQUET Pharmacologie.
 CHAILLEY-BERT Physiologie.

MM.
 LEROUX Anatomie pathologique.
 NEVEU-LEMAIRE Parasitologie.

IV. — AGREGES CHARGES DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE à titre permanent

MM.
 ABRAMI.
 ALAJOUANINE.
 AUBERTIN.
 BRULÉ.
 CHABROL.
 CHIRAY.
 DONZELOT.
 DUVOIR.
 HARVIER.
 LIAN.
 PASTEUR-VAL-
 LERY-RADOT.
 SÉZARY.

Clinique médicale.

MM.
 BASSET.
 BROCC.
 CADENAT.
 GATELLIER.
 HEITZ-BOYER.
 MOURE.
 QUÉNU.
 SCHWARTZ.
 VELTER.

Clinique chirurgicale

MM.

ECALLE.
 GUENIOT.
 LE LORIER.
 LEVY-SOLAL.
 METZGER.

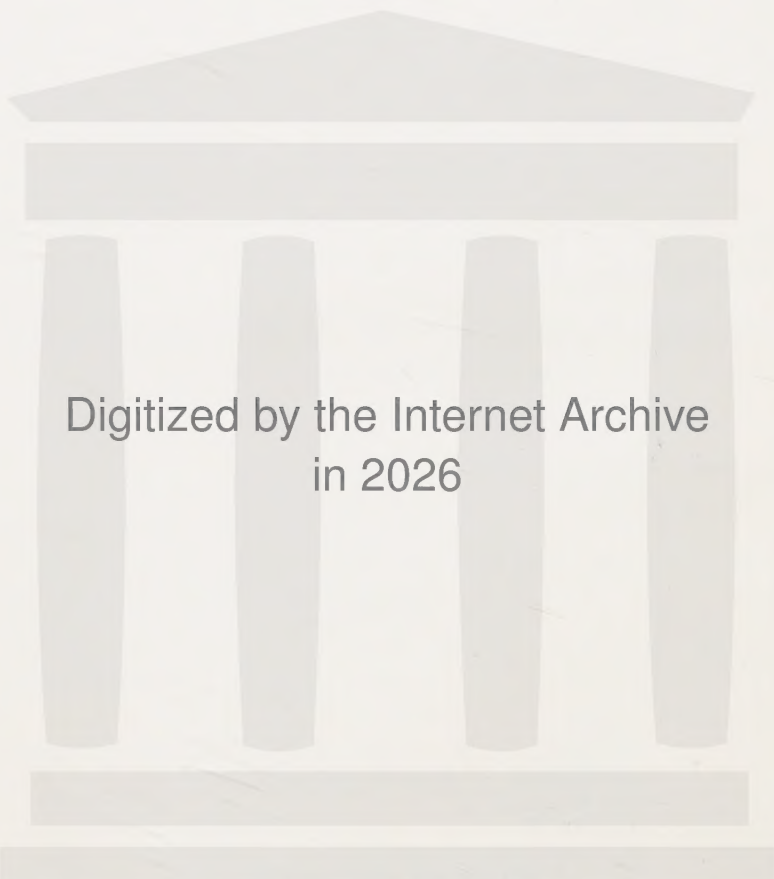
Clinique obstétricale.

V. — CHARGES DE COURS

MM.
 CHAILLEY-BERT, agrégé
 LEDOUX-LEBARD
 WEIL-HALLÉ
 RUPPE

Education physique.
 Radiologie clinique.
 Puériculture.
 Stomatologie.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elles n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41551407_0066

A MES PARENTS

A MES AMIS

A MON MAITRE ET PRESIDENT DE THESE

MONSIEUR LE PROFESSEUR L. TANON

Professeur d'Hygiène à la Faculté de Médecine de Paris

Membre de l'Académie de Médecine

Conseiller technique sanitaire au Ministère
de la Santé Publique

Inspecteur général des Services techniques d'Hygiène
à la Préfecture de Police

Officier de la Légion d'Honneur.

*Qui m'a fait le très grand honneur
de présider cette thèse, ce dont je lui
suis profondément reconnaissant.*

A MON MAITRE

MONSIEUR LE DOCTEUR M. CLERC

Assistant d'Hygiène à la Faculté de Médecine de Paris
Conseiller technique sanitaire
au Ministère de la Marine Marchande
Officier de la Légion d'Honneur.

Qui m'a prodigué ses conseils éclairés avec la plus grande bienveillance, et à qui j'adresse mes sincères remerciements.

A MES MAITRES
DANS LES HOPITAUX DE PARIS

A MES MAITRES
DE LA FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

A MES MAITRES
DE L'INSTITUT D'HYGIENE DE PARIS

INTRODUCTION

En compulsant la littérature relative à l'hygiène du travail au-dessous de la surface du sol, on constate que les auteurs s'occupent le plus souvent des mines, et que les chantiers souterrains sont particulièrement délaissés, malgré l'importance des problèmes qu'on doit résoudre pour leur réalisation. Il nous a donc paru utile de faire une étude d'ensemble de ce sujet, au point de vue de l'hygiène.

Éliminant ceux des travaux souterrains qui ont un caractère d'exploitation régulière, comme les mines ou les carrières, nous nous limiterons aux chantiers établis pour la construction d'ouvrages tels que tunnels en montagne, pour route ou voie ferrée, galeries sous les rues d'une ville, pour chemin de fer ou pour égouts, et nous terminerons par un aperçu sur le travail en caisson, parfois nécessaire dans certains terrains marécageux.

Nous envisagerons successivement :

I. — L'examen médical à l'embauchage.

II. — Le lieu de travail :

terrain et poussières,
atmosphère et causes de viciation,
température,
lumière,
dangers de contagion.

III. — Les instruments :

perforatrices,
tracteurs,
lampes.

IV. — Les mesures prises pour assurer l'hygiène
et prévenir les accidents :

ventilation,
appareils de protection,
organisation médicale,
règlements affichés.

V. — Le cas d'un chantier dans le sous-sol d'une
ville :

lieu de travail,
instruments,
mesures prises.

VI. — Le travail en caisson :

lieu de travail : caisson, terrain, atmosphère,
instruments;
mesures prises : décompression, durée du tra-
vail, ventilation.

I. L'OUVRIER. Examen à l'embauchage.

Lorsqu'il s'agit d'un chantier à pression normale, l'examen subi par l'ouvrier au moment de l'embauchage est réduit à sa plus simple expression, et ne nécessite aucunement le concours d'un médecin. On choisit de préférence les hommes jeunes, ayant l'air solide et bien portant, et on vérifie seulement que leur capacité de travail n'a pas été diminuée antérieurement par un accident ou une opération.

Mais l'examen médical des candidats au travail en caisson est très sérieux, surtout si la pression du chantier doit dépasser 18 mètres d'eau. Il est pratiqué par un médecin muni des appareils habituels : sphymotensiomètre, stéthoscope, etc.

Une première sélection est faite d'après l'âge : on élimine les ouvriers qui n'ont pas encore 20 ans, et ceux qui ont plus de 35 à 45 ans, cette limite supérieure de l'âge étant d'autant plus basse que la pression du chantier est plus élevée.

L'examen médical proprement dit se divise en deux parties.

Le médecin fait d'abord un premier examen complet du sujet, pour s'assurer qu'il n'est atteint d'aucune maladie du cœur ou d'un autre organe important. On a remarqué, en effet, que les troubles patho-

logiques survenant au moment de la décompression sont favorisés par une mauvaise circulation, par l'alcoolisme, ou par une affection chronique de l'oreille, de la peau, du nez, du larynx, des voies respiratoires ou digestives. Il est donc indiqué de dépister ces déficiences à l'embauchage, pour éviter des ennuis par la suite, aussi bien à l'employeur qu'à l'ouvrier.

Lorsque le candidat n'a pas été éliminé par ce premier examen, on le fait entrer dans une chambre de compression, où on le soumet à une pression égale ou légèrement supérieure à celle qu'il devra supporter journellement au cours de son travail. Ensuite, on pratique une décompression dans les mêmes conditions qu'au sortir du caisson.

Immédiatement après cette épreuve, le médecin fait un second examen de l'ouvrier, pour étudier sur son organisme les effets de ces variations de pression, et vérifier qu'elles ont été supportées normalement.

On peut objecter que cette épreuve ne réalise pas exactement les conditions du travail en caisson, le temps d'exposition du sujet à la pression élevée étant beaucoup plus court, ce qui empêche la saturation de son organisme en azote, et par conséquent diminue notablement les risques d'accident au cours de la décompression.

Néanmoins ce procédé permet de vérifier que l'ouvrier n'est pas complètement inapte à subir la pression du chantier, et d'ailleurs il est peut-être susceptible d'améliorations (par exemple élévation de la pression d'essai).

II. LIEU DE TRAVAIL.

Le travail en caisson faisant l'objet d'un chapitre spécial, nous ne considérerons, dans celui-ci et les trois suivants, que les chantiers dont l'atmosphère est à la pression normale.

1. Terrain, poussières.

Les chantiers souterrains peuvent traverser des terrains très divers, donnant naissance à des poussières plus ou moins abondantes, et plus ou moins nocives suivant leur composition.

Lorsqu'on creuse une galerie sous les rues d'une ville pour y aménager un chemin de fer ou des égouts, les poussières sont peu abondantes, car les grandes villes sont généralement bâties sur des alluvions dans la vallée d'une rivière, et le terrain sous-jacent est malléable et non rocheux. Il n'est donc pas nécessaire d'employer d'explosifs, ce qui est d'ailleurs interdit dans le sous-sol d'une ville, et de ce fait le travail d'attaque dégage très peu de poussières.

A Paris, par exemple, on rencontre de l'argile et de la marne, et l'air des chantiers établis pour la construction des lignes de Métropolitain est dépourvu de poussières.

En montagne, au cours du percement d'un tunnel, on traverse généralement des roches dures : grès, basalte, granit, quartz. Il est alors nécessaire d'employer des moyens puissants : on travaille à coups de mine successifs, et chaque explosion, en disloquant la roche, répand dans le chantier une abondante poussière, formée de très petits fragments de pierre pulvérisée par la déflagration.

Malgré la ventilation importante, ces poussières demeurent longtemps en suspension dans l'air, et sont aspirées dans les voies respiratoires des ouvriers qui reviennent travailler après l'explosion.

Or, d'après M. R. MAYERS, les industries dites « à poussières » favorisent les affections pulmonaires, et notamment la tuberculose, surtout lorsque d'autres facteurs interviennent, tels que : présence d'oxyde de carbone, humidité ou chaleur fortes, changements brusques de température, fatigue de l'ouvrier, conditions non-hygiéniques des locaux.

Nous verrons par la suite que plusieurs de ces circonstances favorables à la maladie sont précisément réalisées dans un chantier souterrain où on travaille à la dynamite.

Les poussières ont une action un peu différente suivant leur nature, et les seules qui nous intéressent ici sont celles que M. HOFFMAN définit ainsi dans sa classification : poussières coupantes, formées de particules avec parties acérées, provenant du fer, de la pierre, du verre, de silicates, de calcaires, de perles.

En effet, toujours d'après M. R. MAYERS, les travail-

leurs exposés aux poussières de chaux ou de charbon fournissent dans toutes les parties du monde un pourcentage peu élevé en tuberculeux. M. OSLER donne comme raison que ces poussières n'ont pas d'arêtes tranchantes, ou que le bacille de Koch trouve en elles un élément s'opposant à son développement intrapulmonaire.

Par contre, ce sont les ouvriers travaillant le sable ou la pierre qui paraissent le plus exposés, et ceci est dû à la présence de silice, contenue en fines particules dans l'air qu'ils respirent.

M. R. MAYERS, et d'autres auteurs, estiment que ces poussières deviennent dangereuses à partir du moment où il y a plus d'un milligramme de silice en suspension par mètre cube d'air.

Mais le Dr W. R. JONES, dans un travail résumé par M. ANKAR URBAN, est d'avis que c'est la nature de cette silice qui a une grosse importance. Cet auteur a remarqué que des roches quartzeuses semblables ne donnent pas toutes la silicose : seules peuvent la causer celles qui contiennent en abondance des agrégats fibreux peu soudés ensemble et aisément libérés, et lancés dans l'espace par le travail de perforation ou par les explosions.

De plus, les roches qui contiennent une proportion de quartz relativement faible (au-dessous du minimum fixé par le projet de loi anglais sur la silicose), mais qui renferment certains silicates minéraux fibreux, produisent de la poussière qui a causé un grand nombre de cas de silicose.

M. W. R. JONES pense que cette maladie est provo-

quée par la présence dans les roches exploitées : soit de minéraux fibreux tels que : séricite (silicate hydraté de sodium et d'aluminium, appelé aussi mica blanc secondaire), sillimanite, trémolite; soit d'une forme fibreuse de silice libre comme dans les cherts; soit encore d'une roche comme la pierre ponce, tous ces minéraux étant en agrégats qui, par les chocs des perforateurs ou par les explosions, se répandent dans l'air en filaments isolés qui pénètrent dans les poumons pour y produire la silicose.

Cet auteur a remarqué que les minéraux fibreux hâtent le processus de la maladie à tel point que leur présence dans les roches exploitées est beaucoup plus importante que celle du quartz pour la production de la maladie.

La silicose a inspiré de nombreux ouvrages ou articles de revues, auxquels on pourra se reporter pour plus de détails.

La prophylaxie de la silicose consiste à faire disparaître le plus rapidement possible les poussières dangereuses, et dans ce but on peut utiliser l'arrosage en jets d'eau divisés, qui entraînent les particules à terre, et la ventilation énergique du chantier.

Mais l'emploi de l'eau n'est pas à recommander, l'atmosphère n'ayant que trop tendance à se saturer de vapeur d'eau, ce qui rend le travail pénible, et d'autre part la présence d'air très humide favorisant la silicose, par le mécanisme suivant, indiqué par M. R. MAYERS : les gouttelettes d'eau de l'air sont aspirées dans les poumons, entraînant avec elles des

particules de silice et des bacilles tuberculeux. Il est donc préférable d'employer des procédés d'aspiration à sec des poussières.

D'autre part, ces procédés seront avantageusement complétés par une réduction des heures de travail des ouvriers dans les milieux où ils sont susceptibles de se contaminer.

2. Atmosphère.

A mesure que le souterrain croît en longueur, les échanges d'air entre l'atmosphère extérieure et celle du chantier se font de plus en plus mal, d'autant plus mal que la section de la galerie ou des puits est moins forte, et que la différence de température entre ces deux atmosphères est moins grande.

Aussi, lorsque le souterrain atteint 50 à 100 mètres, est-il nécessaire d'organiser une ventilation à grand débit, destinée à apporter aux ouvriers l'oxygène dont ils ont besoin pour vivre, à évacuer l'acide carbonique et autres gaz, provenant de la respiration des hommes, des émanations des terrains, ou des machines, et aussi, pour une très grande part, à balayer les poussières et les gaz nocifs produits par les explosions, et enfin abaisser autant qu'il est possible la température du chantier et le taux d'humidité de son atmosphère.

a) *Respiration.*

La quantité de *gaz carbonique* dégagée par un

homme dans des conditions semblables varie beaucoup suivant les auteurs. D'après M. MISSENARD, dont l'opinion se base sur des expériences faites en s'entourant de toutes les précautions désirables pour éviter les erreurs, on peut considérer en première approximation que le dégagement de gaz carbonique est proportionnel à la production totale de chaleur du corps. Il dépend donc du degré d'activité de l'individu et de la température effective de l'air qui l'entoure. On peut définir celle-ci en disant que deux atmosphères ont la même température effective quand une personne peut passer de l'une à l'autre sans que son impression de chaleur ou de froid se modifie.

On peut admettre pratiquement que le dégagement de gaz carbonique ne dépend pas de la composition de l'air lorsque celui-ci a une concentration faible en gaz carbonique, ce qui est généralement le cas.

Voici les chiffres adoptés par M. MISSENARD dans son étude sur la ventilation. Au repos, un homme moyen, dont la surface est d'environ $1\text{ m}^2\text{ 80}$, dégage à peu près 20 litres de CO_2 par heure, à une température comprise entre 18 et 30 degrés. Lorsque la température est supérieure à 30 degrés, le volume de CO_2 dégagé augmente.

Mais les plus intéressants pour nous sont les chiffres relatifs à un homme fournissant un travail musculaire moyen, c'est-à-dire environ 5.000 kilogrammètres par heure, d'après les auteurs américains. Entre 8 et 28 degrés, le dégagement de CO_2 est presque constant et égal à 40 litres par heure; il augmente

avec la température lorsqu'elle est supérieure à 28 degrés : il est de 45 litres à 36 degrés. Dans un chantier occupant 15 ouvriers, on aurait donc un dégagement horaire de 600 litres de CO^2 environ, sans compter les lampes et les machines.

Outre le gaz carbonique, le corps humain dégage des vapeurs diverses, telles que : ammoniacale, amines supérieures, acides gras, mais en quantités bien inférieures, et négligeables par rapport à celles de CO^2 , et surtout à celles des gaz produits par les coups de mine.

La consommation d'*oxygène* d'un homme peut se déduire du volume de CO^2 qu'il produit si on connaît son quotient respiratoire Q , rapport du volume de CO^2 dégagé à celui d'*oxygène* absorbé. Ce quotient croît avec la température du milieu où se trouve le sujet, et dans le cas d'un chantier où on emploie des explosifs, on peut admettre qu'il est égal pratiquement à l'unité, puisque à 26 degrés $Q=1$, et qu'à 30 degrés $Q=1,0125$.

Le volume d'*oxygène* absorbé est donc égal au volume de CO^2 dégagé, et la ventilation destinée à évacuer le gaz carbonique apportera automatiquement la quantité d'*oxygène* nécessaire à la respiration, et même beaucoup plus, puisqu'on ventile toujours plus énergiquement qu'il n'est strictement indispensable, pour que la proportion de CO^2 dans l'air reste faible, et aussi à cause des poussières et de l'élévation de température.

La *vapeur d'eau* dégagée par le corps humain n'est

pas négligeable, dans un espace restreint où plusieurs hommes exécutent un travail musculaire.

Voici quelques chiffres, toujours d'après M. MISSE-NARD, donnant le poids total de vapeur d'eau dégagée par un homme moyen (respiration et peau) au travail (5.000 kgm. par heure), en air calme.

Si l'air a un taux d'humidité de 20 %, cet homme dégage en une heure : 200 gr. à 22°, 300 gr. à 28°, 400 gr. à 37°, 450 gr. à 50°.

Lorsque le taux d'humidité de l'air est de 95 %, le dégagement est de : 200 gr. à 22°, 230 gr. à 28°, 115 gr. à 37°, et 0 gr. à 40°.

La conséquence de cette production d'eau est que dans un local fermé la saturation de l'air en vapeur d'eau est vite atteinte, ce qui rend le travail physique très pénible, surtout si la température est élevée. Par exemple, M. MISSE-NARD a calculé que si chaque personne, dans une enceinte hermétiquement close, dispose de 20 mètres cubes d'air à 17° et à 40 % d'humidité, cet air est presque saturé de vapeur d'eau au bout d'une heure.

Dans un chantier souterrain, cette humidité tend à diminuer à cause de la ventilation, mais par contre elle est augmentée par les suintements du terrain, par l'emploi de foreuses à eau évitant la production de poussières, et le cas échéant par l'emploi de l'eau pour débarrasser l'air des poussières. D'autre part, le volume d'air par ouvrier est souvent inférieur à 20 mètres cubes, et dans ce cas l'humidité augmente plus rapidement encore.

b) *Gaz du terrain.*

Certains terrains produisent des émanations de gaz plus ou moins nuisibles pour l'organisme : méthane, acide carbonique, oxyde de carbone. Ces deux derniers, n'ayant pas d'odeur, passent inaperçus et peuvent causer plus facilement des accidents, mais l'oxyde de carbone est le plus dangereux à cause de sa fixation sur les globules rouges du sang.

Comme les chantiers sont ventilés, on voit rarement d'accidents aigus (asphyxie), mais si la circulation d'air est insuffisante pour évacuer tout le gaz dégagé — et ceci est valable également pour les gaz produits par les explosions — on peut observer des signes d'intoxication subaiguë ou chronique chez les ouvriers. Cette dernière, étant insidieuse, n'attire pas immédiatement l'attention (c'est une anémie progressive), et par conséquent on ne songe pas à supprimer sa cause tant que plusieurs cas graves ne se sont pas produits, tandis que l'intoxication subaiguë pousse l'ouvrier qui en est atteint à se plaindre (vertiges, bourdonnements d'oreilles, tachycardie, céphalée), ce qui provoque une enquête sur la cause de son malaise.

Il est donc toujours nécessaire, dans un chantier isolé de l'atmosphère extérieure, de contrôler la composition de l'air de temps à autre, afin de vérifier que la ventilation est suffisante et ne laisse pas subsister de gaz toxiques en proportion trop forte. D'après M. BALTHAZARD, l'oxyde de carbone peut provoquer l'intoxication chronique à partir d'une concentration de 1 pour 20.000 ou 1 pour 10.000, mais il

parle d'appartements, où les occupants restent plus de huit heures par jour. D'autre part, dans une expérience de Mosso sur l'intoxication aiguë, un sujet a perdu connaissance en une heure et demie dans une atmosphère contenant 43 dix-millièmes d'oxyde de carbone.

c) Machines et lampes.

Pour éviter le plus possible la production de gaz toxiques, on n'emploie en général que des machines fonctionnant à l'air comprimé ou à l'électricité. Toutefois, on utilise de plus en plus une petite locomotive à moteur Diesel qui est très commode et économique dans un long souterrain, pour mener au dehors les wagons chargés des déblais. Les gaz d'échappement du moteur contiennent 10 % de gaz carbonique et 0,2 à 0,4 % d'oxyde de carbone. On peut absorber le CO^2 en faisant barboter ces gaz dans de l'eau de chaux, à l'aide d'un appareil spécial intercalé dans le trajet du tuyau d'échappement, mais il n'existe pas de dispositif pratique pour éviter le dégagement du CO. L'emploi de ces loco-tracteurs à huile lourde oblige donc à prévoir une ventilation supplémentaire destinée à diluer et à évacuer l'oxyde de carbone produit, tout en apportant l'oxygène nécessaire à la marche du moteur. Les chiffres varient suivant les experts entre 150 et 280 litres d'air par seconde et par tracteur, à fournir à l'atmosphère du chantier en plus de la ventilation normale.

Certaines lampes sont à acétylène et leur fonc-

tionnement exige une quantité d'oxygène petite par rapport à la ventilation, et produit du gaz carbonique, de la vapeur d'eau et de la chaleur, en quantités que l'on pourrait calculer à l'aide de la réaction de combustion de l'acétylène.

d) *Explosions.*

Les explosions produisent une grande quantité de gaz irrespirables, qu'il faut évacuer le plus rapidement possible pour que les ouvriers puissent revenir travailler sur le chantier sans perte de temps trop grande et sans danger d'intoxication. La composition de ces gaz est différente suivant les explosifs employés : gaz carbonique, anhydride sulfureux, etc. La cheddite, peu employée d'ailleurs, produit même des dérivés chlorés, particulièrement toxiques.

Les explosifs actuels sont en grand progrès sur les anciens; leurs gaz de combustion sont beaucoup moins dangereux, mais n'en sont pas moins impropres à la respiration, et nécessitent une ventilation supplémentaire très importante du chantier, qui est du même ordre que celle prévue pour les hommes seuls.

3. Température.

Au-dessous de la surface du sol, les variations de la température extérieure sont à peine sensibles, et au-delà de cinq à six mètres de profondeur, elles n'ont plus d'action sur la température d'un souterrain fermé, le sous-sol ayant tendance à rester à 11°.

Mais dans un chantier souterrain, la température s'élève au-dessus de cette valeur, surtout quand on fait usage d'explosifs, et dans ce cas la paroi rocheuse qu'on détruit peut facilement atteindre 30° et plus, ce qui constitue une source de chaleur constante pour le chantier, dont l'air est déjà chauffé par l'explosion elle-même.

D'autres causes d'échauffement sont les machines et les lampes, et aussi les corps des ouvriers.

M. MISSEWARD a constaté que la chaleur transmise par le corps humain au milieu environnant dépend principalement de la température de ce milieu mesurée au thermomètre sec, « de la vitesse de l'air ou du degré d'activité de l'individu (en un mot de la vitesse relative de l'air), et du degré hygrométrique, surtout pour les températures supérieures à 30° et les grandes activités. En première approximation, on peut adopter les formules suivantes, en désignant par T_s la température sèche : ...Pour des hommes se livrant à un travail physique normal, si l'air est très humide : $Q = 6 (37 - T_s)$ calories par heure; et si l'air est sec : $Q = 7,5 (34 - T_s)$ calories par heure ».

Par exemple, dans un chantier à 20° employant 10 ouvriers, ceux-ci produisent ensemble environ 1.000 calories en une heure.

Le même auteur a calculé que, dans un local fermé non ventilé, où le volume d'air serait de 20 mètres cubes par personne, la température s'élèverait de 1°, 6 par heure, abstraction faite des machines et des lampes, et les occupants se livrant au travail physique normal.

Dans un chantier souterrain où le volume d'air attribué à chaque ouvrier est plus faible, la température a tendance à s'élever plus encore, surtout que cette source de chaleur, comme nous l'avons vu, n'est pas la seule. Or le rendement des ouvriers diminue dans un local trop chaud (au-dessus de 20°), et il est plus agréable de travailler dans un air frais qui évite une transpiration abondante. D'autre part, nous avons vu que l'atmosphère du chantier est très humide, et, comme le remarque le Dr BRÉNON, le travail dans un air chaud et humide est non seulement pénible, mais dangereux, à cause de l'insuffisance de l'évaporation à la surface du corps, ce qui fait monter la température interne. Dans un air saturé de vapeur d'eau, à 26°, le rendement de l'ouvrier est très diminué, et à 31° il faut craindre le coup de chaleur. D'ailleurs, le Ministère du Travail a interdit de faire travailler les mineurs lorsque la température atteint 35° au thermomètre sec et 30° au thermomètre mouillé.

Il faut donc surveiller la température du chantier, et ventiler suffisamment, et en air frais, pour la maintenir si possible entre 16° et 20°. L'été on peut trouver de l'air à une température voisine de 11° dans les caves assez profondes, mais on a besoin d'une telle quantité d'air pour la ventilation que ce moyen est insuffisant, et qu'on est obligé de refroidir l'air chaud pris dans l'atmosphère en le faisant passer dans des appareils spéciaux.

Le seul inconvénient de cette ventilation est d'exposer dans certains cas les ouvriers, qui ont presque

toujours le torse nu, à un courant d'air froid qui peut les rendre malades. Il faut donc disposer les arrivées et les sorties d'air de façon à réduire le plus possible ce danger.

4. Lumière.

Les hommes employés dans un souterrain sont évidemment privés de lumière naturelle pendant huit heures par jour, temps auquel il faut ajouter la longueur de la nuit pour ceux qui travaillent de jour. Il leur reste donc un très petit nombre d'heures, surtout en hiver, pour s'exposer aux radiations solaires, et malheureusement ils ne comprennent pas souvent les bienfaits des promenades, du jardinage, des exercices en plein air, et préfèrent l'atmosphère plus chaude et plus déprimante des cafés. Chez certains individus, cette privation de lumière naturelle peut amener à la longue un état de moindre résistance aux microbes, et favoriser l'éclosion de maladies, notamment de la tuberculose, éclosion d'ailleurs facilitée par les conditions de vie dans le chantier : fatigue, poussières, humidité, air d'une pureté douteuse, qui rendent la contagion plus aisée.

Aussi M. C. A. COOPER préconise-t-il de faire passer les ouvriers sous une douche de rayons ultra-violets, après un bain, à leur sortie du chantier. Le bain rend leur peau propre et chaude, état qui augmente l'efficacité des radiations. Cet auteur propose de construire une grande salle rectangulaire, dont le plafond

et les murs seraient munis de lampes génératrices d'ultra-violets. Sur le sol serait tracé un chemin de 90 mètres de long, traversé de graduations tous les 30 centimètres. Les hommes, nus, marcheraient à une vitesse de 1 graduation par seconde, ce qui permettrait d'exposer aux rayons 600 hommes en une heure, chacun restant 5 minutes dans la salle.

Comme les chantiers emploient généralement moins de 600 hommes, la perte de temps à la sortie serait réduite, mais cette salle bienfaisante reste malgré cela du domaine de l'utopie, à cause de la dépense, et de l'incompréhension des ouvriers — et des patrons. Actuellement, bornons-nous à conseiller l'établissement de douches à eau, qui sont encore si rares, et pourtant bien plus utiles.

5. Contagion.

MM. TRILLAT et KANEKO ont fait de nombreuses expériences sur la contagion par l'air, citées par M. MISSENARD :

« Nous avons cherché à déterminer quelle était la plus petite dose d'émulsion, répandue sous forme de nuage, capable de donner la mort aux animaux par inhalation. Comme germes, nous nous sommes adressés au paratyphique DANYSZ et au pneumocoque. Comme animal, nous avons choisi la souris, qui présente vis-à-vis d'eux une grande réceptivité ».

«...D'après nos évaluations, dont le détail serait trop long à expliquer ici, on est arrivé à calculer, avec

une approximation suffisante, la quantité d'émulsion microbienne mortelle aspirée par les souris à l'état de nuages : elle a été dans tous les cas inférieure à 0 mg, 05 (dose A) ».

Cette dose A a été comparée aux plus petites doses nécessaires pour tuer les souris par d'autres modes de contamination :

Par inoculation, la dose mortelle a été 10 fois plus forte que la dose A; par badigeonnage des muqueuses buccale ou rhino-pharyngienne, elle a été 50 fois plus forte; par instillation sur la conjonctive, 200 fois; par ingestion, 800 fois; par badigeonnage du corps, 500 fois plus forte.

« La comparaison de ces résultats, conclut M. TRILLAT, montre que l'infection par la voie aérienne a été la plus active ».

Voici maintenant les résultats d'expériences du même auteur sur l'influence de l'humidité de l'air sur la contagion.

« Les poussières microbiennes, lorsqu'elles sont sèches, sont fixées par le mucus des cavités nasales et pharyngées; elles sont arrêtées en partie sur l'épithélium à cils vibratiles qui tapisse les parois de la trachée ».

Par contre, les poussières humides, formées d'une pellicule d'eau qui entoure le germe, peuvent gagner le poumon par le mécanisme que nous avons déjà vu à propos de la silicose : « Grâce à leur sphéricité et à leur tension superficielle, dit M. TRILLAT, les gouttelettes peuvent cheminer sur la muqueuse sans y être fixées ».

Ces gouttelettes d'eau renfermant des microbes et pouvant les transporter à distance sont donc des agents actifs pour la transmission des maladies, par la facilité avec laquelle elles cheminent dans les voies respiratoires, et aussi par l'état des microbes qu'elles véhiculent, et pour lesquels elles réalisent un véritable bouillon de culture, leur permettant de garder leur virulence.

Dans une autre expérience, M. TRILLAT a constaté que la présence d'une grande quantité de vapeur d'eau dans l'air favorise la contagion :

« Les souris exposées dans divers points d'un local de 600 mètres cubes ont fourni une mortalité qui, pour la même quantité d'émulsion de paratyphique mis sous forme de nuages, a varié de 0 à 20 % pour un air de moins de 45 degrés hygrométriques, et de 1 à 95 % pour un air saturé ou sursaturé d'humidité ».

Voici enfin le résultat d'expériences du même auteur, relatives à l'action de l'air confiné sur les microbes en suspension :

Les gaz putrides et les gaz expirés, et plus généralement les émanations animales et végétales, sont susceptibles de servir d'aliments aux microbes en se dissolvant dans l'eau des gouttelettes qui les contiennent. L'air pur a une action antiseptique, l'air vicié une action conservatrice sur les microbes. Les rayons ultraviolets du soleil (MM. SARTORY et LANGLAIS) et les atmosphères oxydantes ont un grand pouvoir bactéricide.

Et M. MISSENARD, à qui nous empruntons la relation de toutes ces expériences, conclut : « Les produits

gazeux de la respiration apparaissent ainsi, tant par leur humidité que par leur composition chimique, comme des agents particulièrement actifs de conservation des microbes ».

L'atmosphère d'un chantier souterrain mal ventilé réalisant les conditions d'humidité et d'impureté relative favorables aux microbes, un ouvrier malade ou porteur de germes sera dans ce milieu d'autant plus dangereux pour ses camarades que la ventilation sera moins importante.

Ankylostomiase. — Il y a 30 à 40 ans, la plupart des mines et des chantiers souterrains étaient envahis par l'ankylostome, dont les œufs ont besoin, pour éclore, d'oxygène, d'humidité, et d'une température comprise entre 25 et 30°. Ces conditions sont en général réalisées dans les galeries souterraines de percement des tunnels ou des mines. La larve se développe dans la boue sur le sol, et peut contaminer par ingestion, par les voies respiratoires ou par la peau.

A cette époque on a institué des méthodes de traitement et de prophylaxie sévères, qui ont fait régresser et pratiquement disparaître l'ankylostomiase dans les pays de l'Europe occidentale. Les mesures à prendre pour éviter la contamination du sol, la conservation des larves et leur pénétration dans les organismes sains se confondent d'ailleurs le plus souvent avec les règles normales d'hygiène :

— Assèchement et ventilation importante du chantier.

— Tinettes mobiles au fond, à parois étanches et à couvercle.

— Interdiction de déposer des déjections ailleurs que dans ces tinettes.

— Vider les tinettes au moins une fois par jour dans des fosses spéciales, les nettoyer, les désinfecter, y mettre un désodorisant.

— Veiller à l'aspect du chantier : « On crache facilement dans une écurie, on hésite dans un salon ».

— Installer des bains-douches et des vestiaires à la sortie.

— Essayer d'éduquer les ouvriers.

(D'après MM. CALMETTE et BRETON).

III. INSTRUMENTS

Les Pics et les Pelles, anciens instruments, sont employés, les premiers pour détacher certains blocs, les secondes pour charger des déblais, manier le ciment, nettoyer le chantier, etc. M. BRÉHON recommande d'employer des pics fins pour diminuer la quantité de poussière produite, et d'arroser les détritits maniés à la pelle, pour la même raison.

Les Fleurets et les Perforatrices servent à percer dans la roche des trous où on placera les cartouches d'explosif. Les fleurets, relativement petits, se tiennent à la main, appuyés contre l'abdomen ou la cuisse d'un côté, et la roche de l'autre. Ils sont animés de secousses rapides, mais de peu d'amplitude, dues à la réaction du marteau à air comprimé qu'ils contiennent, et qui enfonce leur barre d'acier dans le rocher. Les ouvriers qui s'en servent ressentent donc ces trépidations, mais leur santé ne paraît pas en souffrir. Tout au plus sont-ils fatigués par le poids et le bruit intense de ces instruments, mais le travail n'est pas continu, car les équipes de foreurs, de mineurs et de déblayeurs ne travaillent que successivement, et tout le monde se repose à chaque explosion.

Les perforatrices sont fixées à une colonne coincée entre le sol et la voûte, et seule leur mise en place nécessite quelques efforts.

Ces instruments ont pour inconvénient la production de poussière au moment du forage, et peuvent causer des accidents indirectement, de la façon suivante. Souvent il reste au fond d'un trou un culot d'explosif provenant d'une cartouche non brûlée. Lorsqu'un fleuret rencontre ce culot, il en résulte une explosion inattendue, qui d'une part projette des flammes et des débris de roche sur l'ouvrier, notamment dans ses yeux, et d'autre part lui enfonce l'instrument dans l'abdomen, provoquant des blessures plus ou moins graves, ou même la mort.

Les Loco-tracteurs sont indispensables dans une longue galerie pour remorquer les trains chargés de déblais, de ciment, d'explosifs, d'ouvriers, etc. Leur moteur fonctionne soit à l'électricité, soit à l'huile lourde.

Les loco-tracteurs électriques sont très employés, et n'ont aucun inconvénient au point de vue de l'hygiène. Les accidents d'électrocution sont rares, souvent dus à l'imprudence, et sont mortels surtout chez des sujets sensibles (cardiaques).

Les engins de traction à moteur Diesel, nous l'avons déjà constaté, produisent des gaz nuisibles : gaz carbonique et oxyde de carbone. On peut empêcher le premier de se répandre dans l'atmosphère du souterrain en faisant barboter les gaz d'échappement dans de l'eau de chaux, changée périodiquement, qui a aussi l'avantage de les refroidir, mais on ne peut pas supprimer l'oxyde de carbone d'une façon analogue. On le trouve dans les gaz d'échappe-

ment dans la proportion de 2 millièmes au maximum, et de 1 millième en marche normale, d'après les travaux de la « Commission permanente des recherches scientifiques sur le grisou et les explosifs employés dans les mines ». D'après d'autres experts, ces chiffres sont respectivement 4 millièmes et 2 millièmes. D'après les calculs des ingénieurs, la ventilation doit être supérieure à 136 litres par seconde et par tracteur, ce qui est toujours réalisé, pour éliminer cet oxyde de carbone.

D'après les résultats des analyses d'air prélevé autour de la machine et au siège du conducteur, celui-ci n'est exposé à respirer de l'oxyde de carbone qu'en cas d'arrêt prolongé, parce que l'air n'est plus renouvelé par la vitesse, et parce que la proportion d'oxyde de carbone dans les gaz augmente quand le moteur tourne au ralenti. Il en est de même si la carburation se fait mal ou si le graissage est trop abondant, mais alors il se dégage une fumée abondante et malodore qui avertit le conducteur.

Les lampes sont souvent électriques : les ampoules sont fixées aux parois quand celles-ci sont définitives, mais lorsqu'on veut éclairer des coins dont les parois seront démolies ou rasées par un coup de mine, on se sert d'ampoules dites balladeuses, ou de lampes à acétylène. Les premières ont l'inconvénient d'être rattachées à la paroi par un fil toujours gênant : on peut l'accrocher avec un outil, son isolant peut s'user par frottements répétés, et les fils ainsi dénudés peuvent provoquer un court-circuit, ou une

électrocution, si la tension du réseau est assez élevée. Cet accident est favorisé par l'humidité du sol, de l'atmosphère et de la peau des ouvriers. Il est donc nécessaire d'employer pour l'éclairage un courant à bas voltage, qui peut traverser l'organisme sans danger.

Les lampes à acétylène éclairent puissamment, et ne sont tributaires d'aucun fil, mais leur flamme est de petites dimensions, et très lumineuse, et fatigue par conséquent beaucoup les yeux. Pourtant leur commodité d'emploi les fait préférer à toutes autres lampes aux endroits exposés aux explosions, où des fils électriques seraient détruits.

Les lampes électriques portatives à accumulateur sont aussi très commodés, mais un peu plus lourdes, et moins économiques. On les réserve aux ouvriers chargés de transporter les explosifs, car elles ne risquent pas d'y mettre le feu.

Il est très important d'éclairer rationnellement le travail d'un ouvrier, pour le lui rendre ainsi plus aisé, plus précis et moins fatigant. M. BRÉHON cite les mots suivants d'un médecin spécialisé en hygiène du travail, à propos de la lumière : « Elle est un des facteurs les plus importants de l'hygiène professionnelle. Là où la lumière est abondante et convenablement distribuée, l'homme produit plus et mieux, sa santé s'en ressent favorablement, il est moins sujet aux maladies, et son moral est meilleur ».

Un bon éclairage est évidemment très difficile à réaliser au fond d'une galerie d'avancement. Tout au

plus pourrait-on penser à adapter aux lampes de chantier une sorte d'écran fixé sur un des côtés, de façon à préserver les yeux de l'ouvrier contre l'éclat de la flamme, en les mettant dans l'ombre. Mais ce système se heurte à des inconvénients multiples, dont les principaux sont les déplacements de l'ouvrier et le nombre des lampes : L'ouvrier sortira du cône d'ombre de sa propre lampe, ou bien sera éclairé par les lampes voisines.

IV. MESURES PRISES POUR ASSURER L'HYGIENE ET EVITER LES ACCIDENTS

Ayant étudié les conditions dans lesquelles travaillent les ouvriers dans un chantier souterrain, nous allons maintenant examiner les mesures qu'on y prend pour assurer leur hygiène et diminuer les risques d'accidents.

Voici d'abord le paragraphe, relatif à l'hygiène, du Cahier des Charges général, réglant les conditions d'exécution des Travaux de Chemin de Fer (Chemins de Fer du Maroc, et Réseau du P.-L.-M.).

« *Mesures de sécurité et d'hygiène.* — L'entrepreneur devra prendre toutes les mesures nécessaires pour assurer la sécurité et l'hygiène de ses ouvriers ou des tiers, et en particulier pour prévenir l'anémie des mineurs, leur asphyxie par gaz explosifs ou autres, etc.

« Il pourvoira soigneusement à l'enlèvement des déjections dans l'intérieur et aux abords du souterrain.

« Il devra d'ailleurs se conformer aux décrets et règlements actuellement en vigueur, et à tous ceux qui pourraient intervenir en cours de travaux, par application des lois concernant les mesures de protection et de salubrité dans les chantiers souterrains ».

Ce chapitre s'inspirera en grande partie des mesures prises, conformément aux décrets et règlements mentionnés plus haut, par l'entreprise qui a percé le souterrain du Col de Bussang (ligne de chemin de fer de St-Maurice à Wesserling). Nous avons pu en effet les étudier en détail, grâce à l'aimable accueil des ingénieurs de la Compagnie des Chemins de Fer de l'Est, que nous tenons à remercier ici.

Les mesures d'hygiène et de sécurité étant de différents ordres, nous envisagerons successivement : la ventilation, les appareils de protection et d'hygiène, l'organisation médicale, les règlements.

1. Ventilation.

Elle est absolument indispensable dans un souterrain de quelque longueur, et la galerie du col de Bussang atteint six kilomètres avant percement. Nous avons vu précédemment que son débit doit être calculé largement pour emporter les poussières, apporter de l'oxygène aux hommes et aux lampes, diluer et balayer les gaz toxiques de toutes provenances, abaisser la température et le taux d'humidité de l'air.

Dans le chantier cité, on avait prévu l'utilisation de 250 hommes au total par poste de huit heures, et de 4 tracteurs, pour faire progresser le front de taille de 5 mètres par jour. La température de la roche pouvant atteindre 30°, il fallait une ventilation assez active : 25 mètres cubes par homme et par

heure, soit en majorant pour arrondir : 2 mètres cubes par seconde pour les 250 hommes.

Pour l'utilisation des tracteurs, on avait pris des précautions très sérieuses : « La Compagnie avait primitivement interdit la circulation de loco-tracteurs Diesel dans le souterrain. Après étude approfondie de la question, et sur le vu des références fournies par les Mines qui les utilisent couramment, l'emploi de ces tracteurs a été autorisé, sous réserve qu'ils seraient munis d'un dispositif efficace d'épuration des gaz d'échappement. La teneur en CO de l'atmosphère au voisinage des tracteurs devait être vérifiée fréquemment, et l'autorisation accordée aurait été retirée si cette vérification avait fait apparaître une anomalie. »

On avait calculé, d'autre part, la quantité de gaz produite par la combustion du poids maximum d'explosifs utilisé chaque jour, et on en avait déduit la quantité d'air par seconde que devrait fournir le ventilateur pour évacuer assez rapidement ces gaz.

En résumé, on avait prévu un débit utile en air pur et frais de 5 mètres cubes par seconde, soit :

2 m³ , ou 40 %, pour les hommes;

1 m³ 2, ou 24 %, pour les tracteurs;

1 m³ 8, ou 36 %, pour les explosions.

Cette ventilation était contrôlée par des analyses d'air, car elle aurait pu être insuffisante sans pour cela produire d'intoxication aiguë chez les ouvriers. Dans le but d'éviter l'intoxication chronique, on avait prévu l'emploi de détecteurs permettant le dosage de

l'oxyde de carbone contenu dans l'air du chantier. Ce dosage était fait obligatoirement deux fois par jour, et éventuellement après certains coups de mine, avant la reprise du travail. On devait utiliser des appareils de types différents, qui se contrôlaient les uns les autres. Enfin, comme nous l'avons déjà vu, on a effectué également des dosages à proximité des tracteurs Diesel.

2. Appareils de protection et d'hygiène.

Devant la gravité des lésions abdominales, provoquées par l'explosion d'un culot, chez l'ouvrier qui manie le fleuret, cause de l'accident, on a songé à munir les hommes employés au forage d'un plastron de cuir épais formant cuirasse sur l'abdomen. Mais cette mesure n'a été décidée qu'à la fin des travaux, et l'efficacité de ce plastron n'est pas encore prouvée.

Ces ouvriers foreurs sont parfois munis aussi de lunettes-coques, destinées à protéger leurs yeux contre les projections de débris de pierre. M. R. A. TEIGER, de Zurich, a fait une enquête très complète sur les inconvénients de ce genre de lunettes, dont voici quelques résultats :

97,4 % des ouvriers se plaignent de la mauvaise aération, 67,3 % du champ visuel trop petit, 67,3 % de l'inconfort du port des lunettes, 39,3 % de la douleur provoquée par la barrette nasale, etc. Sur dix modèles étudiés, aucun n'est exempt d'inconvénients.

Ses études ont conduit cet auteur à la conception d'un modèle de lunettes rationnel et répondant aux indications suivantes : grand champ visuel (plus de 40 %), assuré par des verres ronds de grand diamètre (55 mm.); verres plats ou bombés de 3 mm. d'épaisseur pour travaux grossiers; bonne aération par une ouverture placée du côté temporal, et d'une surface totale de 2 cm²; possibilité de porter des lunettes ordinaires sous les lunettes protectrices; poids léger dû à l'emploi d'un alliage d'aluminium; pièces facilement interchangeables. Le travailleur, ayant toujours à sa disposition un instrument propre (contrôlé une fois par semaine), se convaincra très vite de la nécessité de son emploi, et la proportion des accidents oculaires sera de ce fait très diminuée.

Le port de ces plastrons et de ces lunettes n'est pas rendu obligatoire par la loi, mais il serait désirable que les entreprises de travaux publics en comprennent l'utilité et en munissent leurs ouvriers.

D'autre part des tinettes fermées sont disposées dans un recoin à l'abri des explosions, mais assez près du chantier pour que les hommes s'y rendent facilement. Elles doivent être portées hors du souterrain chaque jour, pour être vidées, nettoyées et vérifiées.

3. Organisation médicale.

Un poste de secours est installé près du chantier, mais à une distance suffisante pour être à l'abri des

coups de mine. Il comprend des brancards, des pansements, quelques antiseptiques, des masques pour les sauveteurs, des appareils à oxygène, un appareil Cot pour la respiration artificielle.

Une infirmerie placée à l'entrée du souterrain est munie de quelques lits et d'un matériel analogue à celui du poste de secours, mais plus complet (matériel pour injections, notamment de lobéline). Un infirmier s'y trouve en permanence, et peut communiquer par téléphone d'une part avec les postes du souterrain, d'autre part avec le réseau extérieur qui le relie à l'hôpital le plus proche et au médecin de l'entreprise. Cet infirmier dispose aussi d'une ou plusieurs camionnettes pouvant contenir des brancards.

Les ouvriers sont entraînés à porter secours avec le maximum d'efficacité aux victimes d'accidents ou d'asphyxie. Un médecin leur fait périodiquement des conférences sur le secours aux asphyxiés, et les exerce de temps à autre à pratiquer la respiration artificielle avec l'appareil Cot.

4. Règlements.

Toute cette organisation est complétée et rendue efficace par des règlements affichés, que les chefs doivent observer et faire observer strictement par tout le personnel, et qui concernent toutes les branches de l'activité du chantier.

Explosifs. — « Dès le début des travaux, la Com-

pagnie (de l'Est) a demandé à l'Entreprise d'établir une consigne pour la manutention et l'emploi des explosifs. Cette consigne a été longuement discutée et mise au point, d'accord entre l'Entreprise et la Compagnie, sans que cette dernière substitue cependant sa responsabilité à celle de l'Entreprise en approuvant officiellement la consigne. Un certain nombre de remaniements ont été apportés en cours de travaux au texte primitif, pour tenir compte des leçons de l'expérience... On ne saurait trop insister pour que le texte nouveau soit mis au point rapidement, et, au besoin, pour qu'en attendant, une instruction provisoire de l'Entreprise modifie la consigne, car rien n'est plus dangereux que d'habituer les ouvriers à considérer celle-ci comme négligeable. » (extrait d'un rapport).

La consigne en question n'intéresserait que des techniciens. Entre autres buts, elle avait celui de réduire au minimum les risques d'accidents dus à la manipulation des explosifs.

Coups de mine. — Voici un résumé des règlements s'y rapportant. Les cartouches sont apportées en nombre strictement nécessaire. Avant la décharge, le personnel s'éloigne, et ne revient pas avant que vingt minutes au moins se soient écoulées depuis l'explosion, pour laisser à la ventilation le temps de diluer suffisamment les gaz produits. Avant toute nouvelle attaque, le front de taille doit être parfaitement dégagé des débris rocheux provenant du tir précédent, pour éviter que des blocs ébranlés se dé-

tachent de la voûte ou des parois et blessent des hommes dans leur chute, et aussi pour qu'on puisse examiner convenablement le reste des trous forés avant la décharge. L'emplacement de ces trous doit être repéré soigneusement, par exemple à l'aide d'un éclat de bois fiché à la main. L'emplacement et la direction des nouveaux trous à percer doivent être indiqués avec précision par le chef d'équipe, qui devra se conformer à la consigne établie dans le but d'éviter l'explosion des culots.

Ventilation. — Des règlements indiquent la marche à suivre pour vérifier la qualité de l'air du chantier et celle des gaz d'échappement des tracteurs.

Propreté du chantier. — Il est interdit de souiller le souterrain par des déjections. Les tinettes sont l'objet d'un règlement d'hygiène.

Accidents. — Le personnel est instruit de la marche à suivre pour secourir les accidentés et les asphyxiés. Les sauveteurs sont munis de masques filtrants, d'appareils générateurs de carbogène, de détecteurs de CO, et de brancards pour rapporter la victime au poste de secours, où on l'installera immédiatement sur l'appareil Cot, s'il s'agit d'un asphyxié, en lui faisant respirer du carbogène.

Entre temps, le médecin, qui doit s'arranger pour qu'on puisse le joindre à n'importe quel moment, est prévenu et se met en route vers le chantier. Lui seul a le droit de faire des injections, de lobéline ou autres.

V. CHANTIERS DANS LE SOUS-SOL D'UNE VILLE.

Dans la description précédente, nous avons étudié presque exclusivement les grands chantiers qu'on établit pour le percement des tunnels traversant les montagnes. Nous allons maintenant passer en revue les caractères propres aux chantiers de construction des égouts et des lignes du Métropolitain, en suivant le même plan.

1. Lieu de travail.

Terrain. — Comme nous en avons déjà fait la remarque, les villes où ces travaux ont lieu sont presque toujours édifiées au bord d'un cours d'eau, et leur sous-sol est formé d'alluvions; il n'est donc pas rocheux et ne produit pas de poussières. D'autre part comme le chantier n'est pas à une grande profondeur, on gâche le ciment à la surface, et on évite ainsi la poussière due à la manipulation des sacs et à leur vidage.

Atmosphère. — Sa composition n'est modifiée que par la respiration des hommes, et quelquefois par les émanations du terrain. Les autres causes de viciation ne se retrouvent pas ici, car l'emploi des explosifs est formellement interdit, à cause des dégâts

graves qu'il causerait aux alentours; les machines sont toutes mues par l'électricité ou par l'air comprimé, et les lampes sont électriques.

Température. — Elle n'a pas tendance à s'élever autant qu'elle le ferait sous l'influence de coups de mine répétés, les seules sources de chaleur étant ici les corps humains, les lampes, et, en été, l'air chaud venant de l'extérieur par les ouvertures.

2. Instruments.

Ce sont à peu près les mêmes que ceux dont nous avons déjà parlé : pelles, pics, marteaux à air comprimé, lampes, wagonnets. Notons l'absence de tracteurs, rendus inutiles par le peu de distance existant entre les puits successifs jalonnant la galerie.

Les lampes sont fixes ou balladeuses, alimentées en courant de 25 volts, tension basse évitant les accidents d'électrocution.

Des treuils installés à l'extérieur servent à descendre ou à monter les matériaux par les puits.

3. Mesures prises.

Ventilation. — Le personnel étant peu nombreux, l'air se renouvelle suffisamment par les puits sans le secours d'un ventilateur, tant que la galerie n'atteint pas cinquante mètres. Ces échanges entre le chantier et l'extérieur se font d'autant mieux que les tem-

pératures respectives de ces deux endroits sont moins voisines, et que les puits d'accès sont plus larges : on choisit en général une section de 3 mètres sur 5.

Lorsque le souterrain atteint une longueur voisine de 50 mètres, son atmosphère se renouvelle mal par une simple aération à travers les puits, et si on le prolonge encore sans pouvoir aménager de nouveau puits, la ventilation devient indispensable pour éviter des malaises aux ouvriers. Mais elle n'est pas aussi énergique que pour les souterrains où on travaille à coups de mine, puisqu'elle sert uniquement à fournir l'oxygène nécessaire aux hommes.

Appareils de protection et d'hygiène. — Les premiers sont réduits au minimum, puisqu'on ne craint pas de projection de débris rocheux.

Pour pouvoir interdire aux ouvriers de souiller le chantier par leurs déjections, on leur installe, à proximité immédiate, des cabinets d'aisance provisoires, ce qui est généralement très facile, car les égouts passent souvent sous la même rue que la galerie, et il suffit de pratiquer une ouverture dans leur paroi pour réaliser le tout-à-l'égout.

Organisation médicale. — Elle est aussi très simple : on se trouve dans une ville, pourvue de toutes les ressources médicales nécessaires. Le chantier est relié au réseau téléphonique de la ville, son personnel peut ainsi alerter rapidement les médecins, les pompiers, les voitures ambulances et les hôpitaux.

VI. TRAVAIL EN CAISSON

Quand on est obligé de travailler dans un terrain marécageux, on a parfois recours au caisson à air comprimé, habituellement employé pour le travail sous l'eau.

L'hygiène du travail en caisson ayant fait l'objet de plusieurs études détaillées, nous nous bornerons à donner un aperçu de la question : on pourra consulter ces études pour plus de détails.

1. Lieu de travail.

Le chantier est constitué par le caisson, dont voici la description.

A la partie inférieure, reposant directement sur le sol, se trouve la chambre de travail, dont la hauteur doit être suffisante pour permettre la station debout.

Au-dessus, une cheminée communique directement avec elle, et contient les échelles pour la descente et la montée des ouvriers. L'atmosphère de ces deux parties du caisson est constamment maintenue à la pression nécessaire pour empêcher l'eau d'envahir la chambre de travail. L'air comprimé arrive dans la cheminée par un ou deux tuyaux munis de

clapets de sûreté destinés à éviter une baisse brutale de la pression en cas de rupture ou d'éclatement d'un de ces tuyaux. Des valves réglables sont aménagées de façon à s'ouvrir si la pression dépasse de plus de 0 kg. 5 la pression voulue.

Une chambre d'éclusage, qui communique par des portes hermétiques d'une part avec l'extérieur, d'autre part avec la cheminée, est aménagée au-dessus de cette dernière. Grâce à un système de robinets, l'air qu'elle contient est à pression variable, de façon à faire passer les ouvriers progressivement de la pression extérieure à celle de la chambre de travail, ou inversement, par le mécanisme suivant :

Entrée de l'ouvrier : compression. — L'ouvrier entre dans la chambre d'éclusage, qui est à la pression extérieure. On ferme la porte derrière lui, on ouvre le robinet qui amène l'air comprimé. Lorsque les pressions dans la cheminée et dans l'écluse ont la même valeur, on ferme l'arrivée d'air de l'écluse, et l'ouvrier peut ouvrir la porte de la cheminée et se rendre dans la chambre de travail.

Au moment de la compression, le sujet éprouve une sensation de bien-être, les forces et l'appétit augmentent, le cœur ralentit et la tension artérielle baisse, la respiration s'accélère. Le sang afflue aux organes internes et y active les combustions organiques, mais ces phénomènes sont passagers.

Sortie de l'ouvrier : décompression. — Le principe du fonctionnement de l'écluse à la sortie est le même qu'à l'entrée, mais les manœuvres sont faites dans un ordre différent.

Les troubles pathologiques au moment de la décompression peuvent être plus ou moins graves. A la périphérie, on note une sensation de chaleur, une abondante transpiration. Il se produit des douleurs dans les articulations et dans les muscles, des troubles labyrinthiques; il peut y avoir aussi des accidents d'origine centrale : cérébraux, bulbaires, médullaires. Le prurit, intolérable, est constant lorsque la compression a été forte. En général pour les chantiers souterrains la pression ne dépasse pas une atmosphère et demie, et la décompression ne provoque pas d'accidents graves. Ceux-ci étant souvent causés par le changement de volume des gaz dans certaines cavités de l'organisme, on peut les éviter en pratiquant une décompression lente ou par paliers, comme nous le verrons plus loin.

Terrain. — Le terrain, très humide, ne produit aucune poussière. Outre la possibilité d'émanations gazeuses, sa consistance molle peut causer des accidents, par enfoncement inégal du caisson dans un sol fangeux, ou par dislocation du caisson, due à un tassement irrégulier du terrain.

Atmosphère. — L'étude de la viciation de l'air que nous avons faite au chapitre II est valable pour l'atmosphère des caissons, qui est modifiée seulement par les hommes et les lampes : on n'emploie pas d'explosifs. Il faut ventiler d'une façon continue et avec un débit suffisant, et surveiller avec soin la qualité de l'air du caisson par des analyses fréquentes.

2. Instruments.

Le seul détail nouveau à signaler est le mode d'introduction des matériaux et d'évacuation des déblais : on organise un système de seaux qui passent du caisson à l'extérieur, et vice-versa, par une écluse dont le principe est le même que celui de la chambre d'éclusage où passent les ouvriers.

3. Mesures prises.

Nous décrirons seulement les mesures différentes de celles que nous avons déjà indiquées, en commençant par l'étude de la décompression, partie capitale de l'hygiène des caissons.

Décompression. — C'est la période la plus dangereuse du séjour des hommes dans le caisson. Elle doit être lente pour éviter des embolies gazeuses, et peut être conduite de trois façons différentes.

La décompression uniforme ou régulièrement progressive a été la première en date. HEEN et GREENWOOD conseillent de la faire durer 2 minutes $\frac{1}{2}$ par dixième d'atmosphère, et les résultats sont assez bons, mais HALDANE trouve à ce mode de décompression les inconvénients suivants :

— Elle n'utilise pas au maximum le pouvoir d'extraction de la décompression vis-à-vis de l'azote. — Pour être sans danger elle doit être très lente, et entraîner une grande perte de temps. — Elle pro-

longe donc le temps pendant lequel l'ouvrier est soumis à la pression élevée.

Et HALDANE préconise une autre méthode, déduite du fait qu'on peut sans aucun danger décompresser brusquement l'organisme d'une pression donnée à une pression moitié moindre.

C'est la *décompression par paliers* : on laisse la pression constante à chaque palier pendant un temps suffisant pour permettre à la pression maxima d'azote des tissus de tomber à moins de deux fois la pression que l'azote aura dans l'air au palier suivant.

Mais ce mode de décompression a ses inconvénients : il se produit un brouillard abondant dans l'écluse, et la température baisse brusquement, à chaque chute de pression. Il peut en résulter des refroidissements graves.

Il faut donc donner au sujet des couvertures et des boissons chaudes pendant toute la décompression, et ensuite faire sécher ses vêtements dans un local chauffé.

Associant les deux méthodes précédentes, GLIBERT préconise la *décompression progressive à vitesse décroissante*, qui réalise en quelque sorte la fusion des paliers successifs de la méthode de HALDANE, et qui est déduite des observations suivantes :

Sous un volume égal on élimine un poids de gaz d'autant plus considérable que la pression est plus forte. — Les inconvénients du refroidissement organique augmentent avec la durée de l'immobilisation dans l'écluse.

Ajoutons que la manœuvre de l'écluse n'est confiée qu'à des ouvriers sérieux et expérimentés, et qu'elle doit être très surveillée.

Durée du travail. — Les auteurs sont d'accord pour la réduire proportionnellement à l'augmentation de pression subie par l'organisme en entrant dans le caisson, car plus la durée du travail est longue, plus la saturation est avancée, et plus le temps de décompression doit être long. L'expérience prouve que les sujets passant peu de temps dans l'air comprimé n'ont généralement aucun trouble pendant la décompression.

Le temps ordinaire de huit heures est trop long, même pour les pressions peu élevées comme celles des chantiers souterrains : il provoque du surmenage, il est préjudiciable à la santé des ouvriers.

Pour les pressions inférieures à 2 atmosphères, on conseille d'utiliser deux équipes travaillant 4 heures chacune.

Ventilation. — Dans les grands caissons, deux cheminées amènent l'air pur et une troisième évacue l'air vicié; dans les caissons plus petits, l'air pur arrive par un siphon et l'air vicié s'échappe par une valve.

Les tuyaux amenant l'air sont soigneusement protégés, pour éviter les ruptures, et d'ailleurs ils sont toujours au moins au nombre de deux, pour qu'une avarie n'entraîne pas la suppression de l'arrivée d'air comprimé dans le caisson.

A la sorte des compresseurs, l'air passe dans un

appareil qui le débarrasse des impuretés, provenant surtout des huiles lubrifiantes, puis dans un réfrigérateur (la compression le chauffe).

Tous les appareils qui participent à la ventilation du chantier sont en double pour éviter une interruption par avarie de l'un d'eux.

CONCLUSIONS

Au terme de cette étude sur l'hygiène des chantiers souterrains, nous concluons par quatre remarques :

1. Les conditions dans lesquelles travaillent les ouvriers de certains grands chantiers de percement de tunnels sont comparables à celles qu'on rencontre dans les mines (poussières, température élevée, gaz d'explosions, humidité, éclairage défectueux), mais dans le cas de construction d'égouts ou de chemin de fer métropolitain, ces conditions sont moins différentes de celles qui existent dans les chantiers de surface (pas de poussière, température peu élevée, pas de gaz d'explosions).

2. Les entreprises de travaux souterrains appliquent les mesures strictement nécessaires pour assurer une bonne ventilation, la prévention des accidents et le secours aux blessés, et rendent ainsi le travail moins pénible et moins dangereux.

3. Par contre, le plus généralement, rien n'est prévu pour l'hygiène individuelle lorsque cette négligence ne peut pas entraîner la responsabilité légale de l'employeur.

4. Il y a lieu de souhaiter que, devant une loi future, les entreprises de travaux souterrains ap-

